TRABAJO PRÁCTICO SOBRE SONIDOS SIMPLES Y COMPUESTOS

Cuando una oscilación se desarrolla en un medio elástico, produce una perturbación que se propaga generando lo que se conoce como “onda”. Las ondas sonoras son perturbaciones que se propagan en el aire. Las oscilaciones pueden diferir unas de otras en la amplitud de oscilación (que indica cuánto se aparta aquello que oscila del punto de equilibrio), en la frecuencia de oscilación (qué tan frecuentemente se suceden los ciclos de oscilación) y en la forma de onda (de qué modo particular se desarrolla cada ciclo de oscilación).
En el caso de una onda sonora cada una de estas caracterísicas se vincula con algún rasgo perceptivo. La amplitud se relaciona con la intensidad percibida, la frecuencia con el tono (grave o agudo), y la forma de onda con el timbre.

Esta actividad pretende explorar dichasrelaciones utilizando como medio una computadora con un editor de audio. Si bien podría utilizarse cualquier editor de audio sugerimos bajar de internet el programa Godwave porque puede utilizarse sin costo[1] y porque dispone de una función que permite escribir la ecuación matemática de las ondas que se utilizarán. La descarga está disponible en la página www.goldwave.com (verificar la versión disponible para el sistema operativo a utilizar).

La oscilación más sencilla desde el punto de vista físico, es la que se conoce como sinusoidal o senoidal pura. Es la que corresponde, por ejemplo, al movimiento de una masa unida al extremo de un resorte, o al de un péndulo que se aparta ligeramente de su punto de equilibrio. Se denomina elongación al valor que indica qué tan apartado está aquello que oscila de su punto de equilibrio en cada instante. La amplitud indica el máximo apartamiento.
La ecuación que describe la elongación en función del tiempo de una oscilación simple puede expresarse de la siguiente manera:

$$y(t) = A.\mathrm{sen}(2.\pi.f.t)$$

donde t es la variable independiente (tiempo), y(t) es la variable dependiente (elongación), A es la constante que determina la amplitud de la oscilación, y f es la frecuencia.

Es importante aclarar que para calcular punto a punto en forma manual la elongación en cada instante con esta ecuación hay que utilizar la función seno en radianes. Este es el motivo por el cual aparece el factor 2.π (que convierte ciclos en radianes, ya que cada ciclo equivale a 2.π radianes).

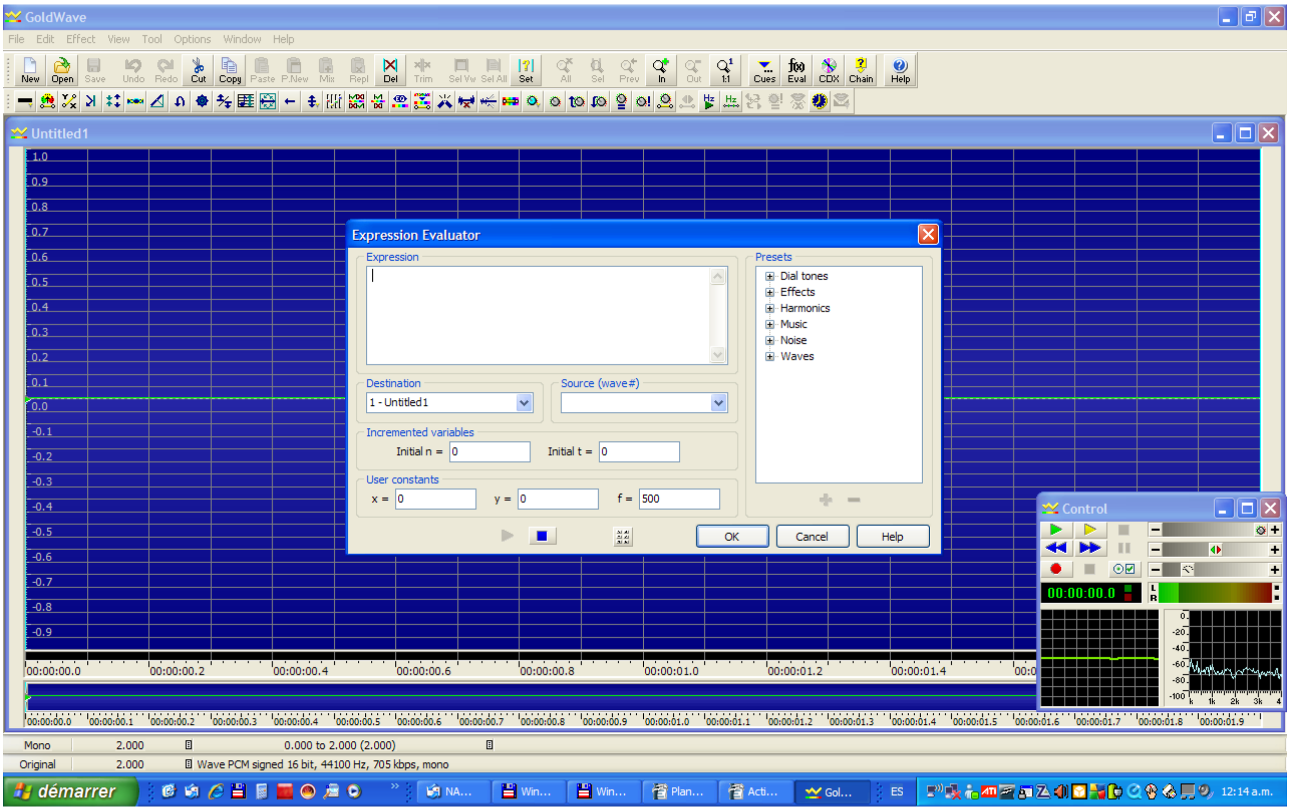
Previo a desarrollar la actividad es necesario familiarizarse con el editor de audio, por lo que indicaremos puntualmente los pasos necesarios para escribir una primera ecuación de oscilación.

A) Ejecutar el programa y cliquear en el ícono que dice “New” (para iniciar un nuevo sonido). Aparecerá una ventana indicando datos técnicos. Cliquear OK para continuar.
B) Aparecerá una ventana con título “Untitled1” con una serie de subdivisiones tanto horizontales como verticales. El eje horizontal corresponde al tiempo y el vertical a la elongación.

---

1 Se trata de un programa “shareware”, que permite su utilización sin costo como medio de evaluación del programa.

C) Cliquear en el ícono “f(x)” que aparece en la parte superior de la ventana, con el fin de escribir una ecuación de elongación.



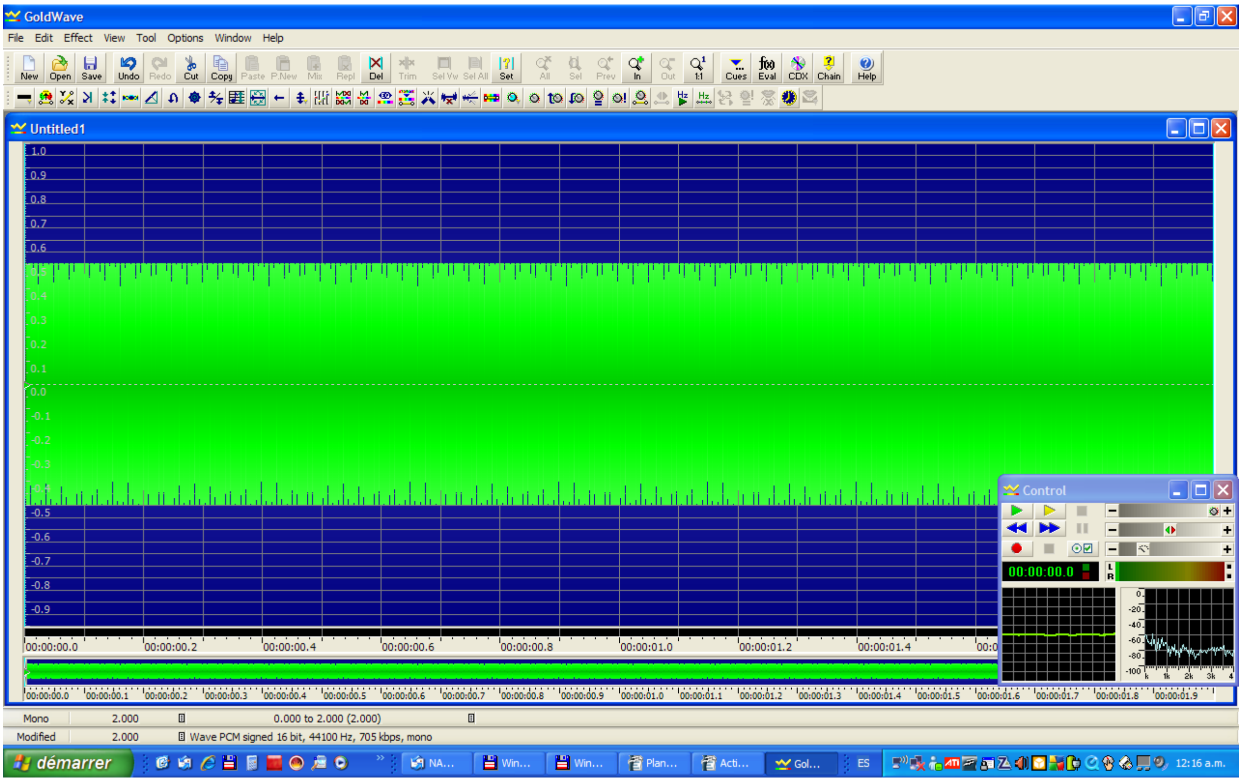
D) Se abrirá una ventana de título “Expression Evaluator”. En el espacio en blanco con título “Expression”, debemos escribir el lado derecho de la ecuación que deseamos utilizar. Como el programa está en inglés en lugar de “sen” (seno), se utiliza “sin” (sine). El factor π que necesitamos introducir se escribe directamente como “pi”. La escala vertical que el programa utiliza tiene un valor máximo de “1”, con lo cual la amplitud que debemos utilizar tiene que ser menor que este valor. El valor de frecuencia puede escribirse como “f” (en cuyo caso el programa utilizará el valor de f que aparece en la parte inferior de la ventana del evaluador de expresiones), o bien puede escribirse directamente el valor numérico deseado. El punto se corresponde con el punto o la coma decimal. Para indicar una multiplicación se utiliza el asterisco “*”.

De esta forma, si deseamos una oscilación senoidal con amplitud A=0.5 y frecuencia f=500, podemos escribir alguna de las dos expresiones siguientes

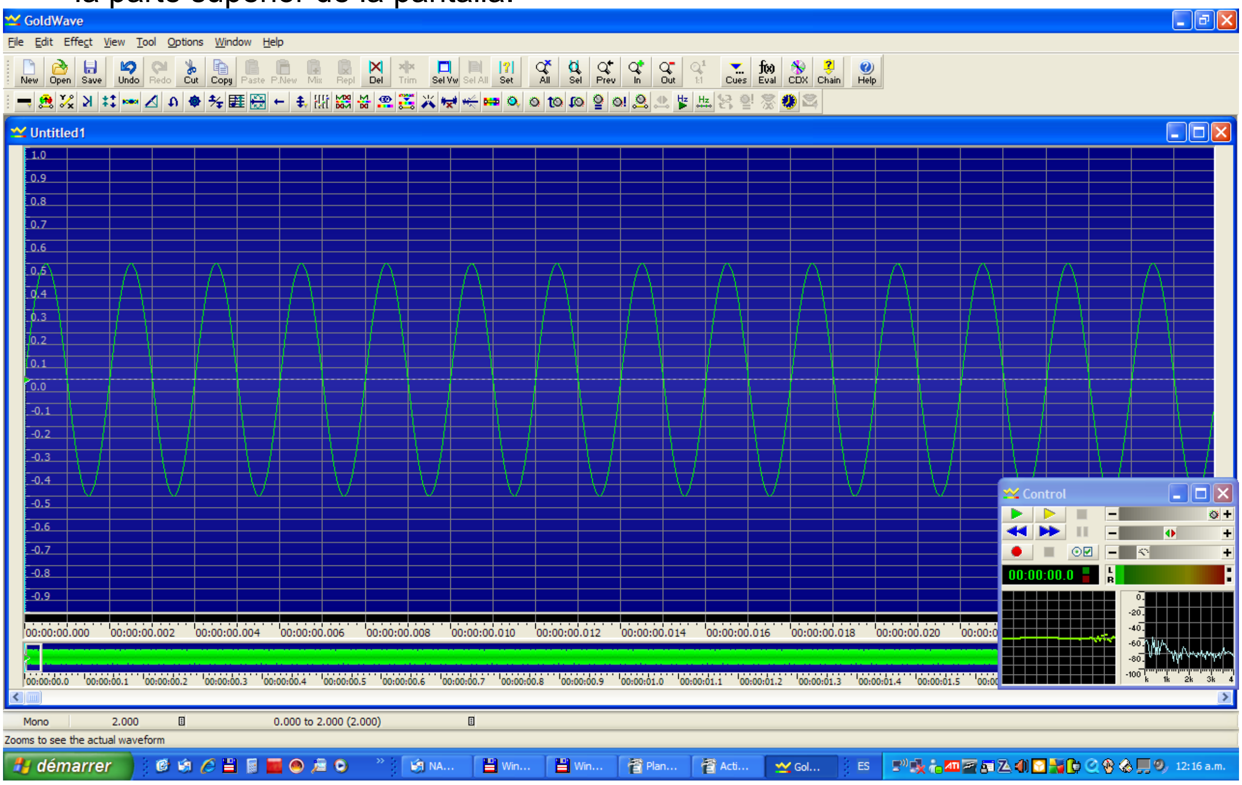
0.5*sin(2*pi*f*t)

(ya que normalmente el programa comienza con f=500) o también

0.5*sin(2*pi*500*t)



E) Aparecerá una zona coloreada en la pantalla. Se trata de la oscilación senoidal pedida, pero debido a que la escala de tiempos inicial es de dos segundos y hemos elegido trabajar con 500 Hz (ciclos por segundo), el gráfico de 1000 oscilaciones queda como una zona completamente cubierta de puntos. Para ver la oscilación con mayor detalle debemos modificar la escala temporal, cliqueando en la lupa que tiene debajo la leyenda “1:1” (escala uno en uno) y que aparece entre los íconos de la parte superior de la pantalla.



F) Para escuchar esta senoidal, basta con presionar el botón de “play” que se encuentra bien a la derecha en la última fila de íconos de la parte superior de la pantalla. Se trata de un pequeño triangulo verde. Para detener la oscilación, hay que presionar el botón de “stop” (el tercer botón, junto al triángulo amarillo).

ACTIVIDADES PROPUESTAS

Tonos puros

Los tonos puros son los sonidos que poseen una úniva frecuencia

1. Cumplidos los pasos mínimos de utilización del software, solicitamos que exploren las diferencias que pueden detectarse al generar los siguientes sonidos

   a) A = 0.1 y f = 500 Hz
   b) A = 0.25 y f = 200 Hz
   c) A = 0.2 y f = 4000 Hz

2. Utilizando una frecuencia de f = 4000 Hz, explorar valores de amplitud para determinar con la computadora y el sistema de audio que estén utilizando cuál es el valor más pequeño de A que puede aún ser escuchado. (Tengan en cuenta que en la actual versión del programa existe un pequeño botón verde en la ventana de evaluación que permite escuchar antes de generar todo el dibujo de la onda, simplificando el proceso de modificar una y otra vez la amplitud o la frecuencia)

3. Repetir el punto anterior para una frecuencia de 300 Hz. ¿Notan alguna variación respecto de la experiencia anterior?

4. Volver a realizar el experimento con una frecuencia de 12000 Hz.

5. Buscar información en internet con relación a la “sensibilidad del oído a las distintas frecuencias” y relacionar lo que encuentren con las experiencias realizadas.

Sonidos compuestos

Es posible generar un sonido formado por la suma de más de una senoidal. Estos sonidos se denominan *compuestos* y al construir uno de ellos podremos comprender mejor lo que significa la expresión *forma de onda* y su relación con la noción de *timbre*.

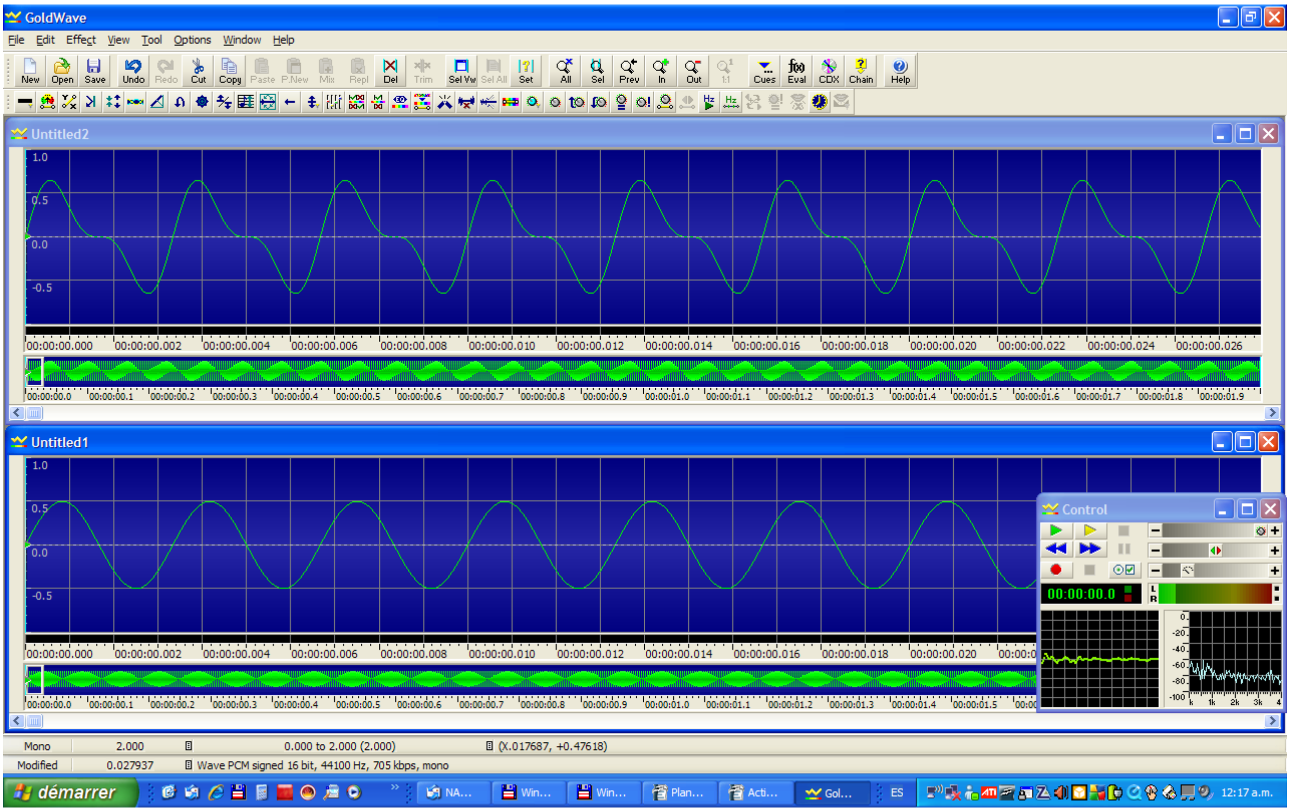
6. Colocar en el evaluador de expresiones lo siguiente

   0.5*sin(2*pi*300*t)+0.25*sin(2*pi*600*t)

   Sugerimos ver la onda generada (en escala 1:1) y escuchar el sonido provocado

7. Guardar este sonido en la computadora con el nombre “Tono compuesto” y generar otro (abrir un nuevo sonido con el icono “New”) que tenga amplitud 0.5 y frecuencia 300. Escuchar ambos sonidos y comparar sus diferencias.

Ambos sonidos poseen igual cantidad de ciclos por segundo (como puede observarse al compararlos en escala 1:1), aunque se perciben de modo distinto. Se dice que poseen distinto *timbre*.



8. Generar un sonido compuesto formado por cinco senoidales siguiendo la siguiente ley. La primera senoidal con amplitud de 0.5 y frecuencia de 300 Hz. La segunda senoidal, con amplitud 0.5/2 y frecuencia 300*2. La senoidal n, con amplitud 0.5/n y frecuencia 300*n. Observar la forma de onda y escuchar el resultado. Guardar el sonido con el nombre de “diente de sierra”.

   NOTA: Existe una forma de anotar lo anterior de manera resumida utilizando el símbolo sumatoria (con A1=0.5 y f1=300)

$$\sum_{n=1}^{5} \frac{A_1}{n} \cdot \sin\left(2 \cdot \pi \cdot n \cdot f_1 \cdot t\right)$$

9. Generar un sonido compuesto formado por cinco senoidales siguiendo la siguiente ley. La primera senoidal con amplitud 0.5 y frecuencia 300 Hz. La segunda senoidal con amplitud 0.5/3 y frecuencia 300*3. La tercera con A = 0.5/5 y f = 300*5. La cuarta con A = 0.5/7 y f = 300*7. La quinta con A = 0.5/9 y f = 300*9. Observar la forma de onda y escuchar el resultado. Guardar el sonido obtenido con el nombre de “cuadrada”.
   NOTA: La secuencia se corresponde con los número impares, de modo que si n indica el número asignado a cada senoidal en la descripción verbal anterior, entonces podemos decir que (2n-1) será el número por el que hay que dividir a la amplitud y multiplicar a la frecuencia. Esto puede escribirse de modo resumido utilizando el símbolo de sumatoria.

$$\sum_{n=1}^{5} \frac{A_1}{2n-1} \cdot \sin\left[2 \cdot \pi \cdot (2n-1) \cdot f_1 \cdot t\right]$$

10. Seleccionar en el menú de opciones de la parte superior de la ventana del Goldwave la opción “Tool” y allí elegir “Control”. Se abrirá una pequeña ventanita con una serie de controles y dos gráficos (fondo negro y divisiones). El gráfico de la derecha representa la oscilación en función del tiempo a medida que se va escuchando, mientras que el gráfico de la izquierda, representa el espectro de Fourier del sonido que se escucha. Abrir los sonidos generados anteriormente y observar este gráfico al escuchar cada uno de ellos para intentar comprender qué información es la que se brinda, a partir de conocer cómo fue formado cada uno de esos sonidos.

11. Generar una señal con amplitud decreciente con el tiempo según la siguiente ecuación

    2^(-t/0.3)*sin(2*pi*400*t)

12. Experimentar cambiando el valor de 0.3 por un valor diferente y prestar atención a los cambios producidos.

13. Generar el siguiente sonido y escuchar su resultado (un sonido de campana).

    2^(-t/0.4)*sin(2*pi*500*t)+2^(-t/0.2)*sin(2*pi*1300*t)+
    +2^(-t/0.1)*sin(2*pi*2300*t)+2^(-t/0.1) *sin(2*pi*3400*t)

14. Alterar un poco las frecuencias utilizadas y comparar auditivamente los resultados.
15. Alterar los tiempos de decaimiento y comparar resultados.